



## **Àrea de Artes y Humanidades**

### **Máster de Traducción y Tecnologías**

#### **Trabajo final de máster**

##### **Título:**

La aplicación de sistemas de traducción automática estadística y neuronal para la traducción del inglés al español de artículos especializados en el campo de las ciencias de la ingeniería

##### **Autor:**

Ignacio D. Tejeda A.

##### **Tutor:**

Dr. Bartolomé Mesa Lao

20 de enero de 2020

## Resumen

En este trabajo se presenta un análisis y comparación del desempeño de dos sistemas de traducción automática de uso gratuito, y que utilizan técnicas híbridas (estadísticas y neuronales), en la traducción del inglés al español de resúmenes de artículos especializados en ingeniería hidráulica y modelación de flujos de agua subterránea. Se escogieron 8 artículos sobre el tema indicado, publicados en revistas internacionales de investigación en ciencias de la ingeniería, y se utilizó Google Translate y Bing Microsoft Translator para efectuar las traducciones automáticas de los *abstracts*. Se efectuaron tres análisis: 1) una revisión de la cantidad de palabras que resultaron luego de efectuar las traducciones; 2) una evaluación de la calidad de las traducciones mediante una calificación de las oraciones en una escala entre el 1 (oraciones perfectamente claras) y 4 (oraciones totalmente incomprensibles); y 3) un análisis de los errores, siguiendo una metodología de clasificación por tipologías, como errores de precisión (terminología, elección de palabras, omisiones, etc.) y fluidez (gramática, ortografía, etc.). De análisis de los resultados, se puede señalar que ambos sistemas produjeron traducciones aceptables pero que aún requieren trabajo manual para lograr resultados de calidad, y que Google Translate es un mejor traductor automático para este tipo de textos especializados.

**Palabras clave:** traducción automática estadística, traducción automática neuronal, textos especializados, evaluación de la traducción, errores en la traducción, terminología.

## **Abstract**

This paper presents an analysis and comparison of the performance of two freeware machine translation systems with hybrid techniques (statistics and neural), in the translation from English to Spanish of abstracts in research papers of Hydraulic Engineering and modeling of groundwater flow. Eight articles were selected on the indicated subject from international journals of Engineering Science. Google Translate and Bing Microsoft Translator were used to translate the abstracts. Three analyzes were performed: 1) a review of the total wordcount after the translations were completed; 2) a quality assessment of the translations of the sentences using a scale from 1 (perfectly clear sentences) to 4 (totally incomprehensible sentences); and 3) an analysis of the errors, following a methodology of classification by typologies, such as precision errors (terminology, word choice, omissions, etc.) and fluency (grammar, spelling, etc.). It is shown that both systems produced acceptable translations but still require manual work to achieve professional results, and Google Translate is a better machine translator for this type of specialized texts.

**Key words:** statistical machine translation, neural machine translation, specialized texts, translation assessment, translation errors, terminology.

## ÍNDICE

<b>1. Introducción y objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Marco Teórico .....</b>	<b>7</b>
2.1 La traducción automática .....	7
2.2 Textos especializados considerados en el estudio .....	10
<b>3. Metodología.....</b>	<b>12</b>
3.1 Etapas del trabajo .....	12
3.2 Sistemas de traducción utilizados .....	13
3.3 Corpus seleccionado.....	15
3.4 Proceso de traducción automática .....	16
3.5 Criterios de evaluación de las traducciones .....	17
<b>4. Resultados y análisis .....</b>	<b>20</b>
4.1 Cantidad de palabras .....	20
4.2 Evaluación cualitativa.....	24
4.3 Análisis de los errores .....	29
<b>5. Conclusiones y líneas de trabajo futuro.....</b>	<b>37</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>41</b>
<b>7. Anexo. Corpus y resultado de las traducciones.....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de palabras y oraciones del corpus seleccionado.....	16
Tabla 2. Criterios de evaluación cualitativa de las traducciones (Teneche, 2014) con modificaciones.....	18
Tabla 3. Categoría de errores MQM (Ortiz, 2016).....	19
Tabla 4. Cantidad de palabras resultantes en idioma español y porcentajes de incremento.....	21
Tabla 5. Comparación de cantidad de palabras entre los sistemas de TA.....	21
Tabla 6. Diferencias que provocan aumento en el número de palabras luego de las traducciones.....	23
Tabla 7. Cantidad de oraciones en que cada traductor obtuvo mejor nota .....	28
Tabla 8. Tipología de errores para cada sistema de traducción automática .....	29
Tabla 9. Terminología y la evaluación de su traducción por ambos sistemas de TA.....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas del trabajo .....	12
Figura 2. Interfaz web de Google Translate .....	14
Figura 3. Interfaz web de Bing Microsoft Translator .....	15
Figura 4. Cantidad de oraciones por cada nota.....	28

## 1. Introducción y objetivos

El objetivo del presente estudio es analizar el desempeño de los sistemas modernos de traducción automática en textos especializados. En particular, el tema especializado escogido son las ciencias de la ingeniería hidráulica y la modelación de aguas subterráneas. Este trabajo se enmarca, por lo tanto, en el ámbito de la traducción y las tecnologías.

Del objetivo señalado se desprenden dos campos fundamentales que están presentes en todos los aspectos tratados en este estudio: la traducción automática y los textos especializados.

Gracias al impresionante avance de la informática en los últimos años, la evolución de la traducción automática ha ido de la mano con las metodologías de análisis de grandes volúmenes de información, lo que ha permitido el desarrollo de enfoques basados en análisis estadísticos y de redes neuronales. Por lo tanto, si se pretende investigar sobre el desempeño de sistemas de traducción automática en textos especializados, se debe utilizar de manera preferente aquellos que consideren este tipo de metodologías. En particular, en este estudio se seleccionaron dos sistemas de traducción automática que poseen estas características, además de ser de uso libre y, gracias a internet, muy populares: Google Translate y Bing Microsoft Translator.

Estos sistemas se utilizaron para traducir un corpus de *abstracts* de artículos de modelación de aguas subterráneas, publicados en revistas de investigación especializadas. El aspecto novedoso del presente estudio es, por lo tanto, la aplicación de la traducción automática estadística y neuronal a un tema muy especializado para analizar sus resultados desde diferentes perspectivas.

De esta manera, en el apartado 2, se presenta un marco teórico que describe la historia y los enfoques que ha tomado la traducción automática a lo largo del

tiempo, y una caracterización de los textos especializados, según lo establecido en la literatura actual. En el apartado 3 se presenta una descripción de la metodología utilizada, que considera las etapas del trabajo, una descripción de los sistemas de traducción automática utilizados, una caracterización específica del corpus seleccionado, y los criterios de evaluación de los resultados. El apartado 4 describe el análisis de los resultados obtenidos desde diferentes perspectivas, junto con comparaciones del desempeño de los sistemas. Finalmente, en el apartado 5 se presentan las conclusiones y propuestas de investigación para trabajos futuros.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1 La traducción automática**

Se entiende por *traducción automática* (TA) el uso de sistemas computacionales para traducir textos escritos o lenguaje hablado desde una lengua natural de origen a otra de destino.

Esta definición implica que el resultado esperado de una traducción automática debe considerar los aspectos que la traductología ha identificado como relevantes en el proceso de traducción. Por esto, no basta con diseñar un software que busque equivalentes para sustituir palabra por palabra, sino que se deben considerar elementos tan abstractos como la sintaxis, semántica, el contexto, posibles ambigüedades, la intención de la traducción, y todas las complejidades que el traductor humano toma en cuenta al momento de efectuar su tarea.

La TA es un proceso muy sofisticado y por eso solo gracias al nacimiento de la informática, que permite el procesamiento de cantidades enormes de información, es que realmente se ha podido desarrollar.



La traducción automática tiene una historia que comienza fundamentalmente a mediados del siglo pasado, y es posible encontrar algunos estudios que hacen una revisión de sus diferentes etapas. Un artículo interesante es el de Díaz (2012), que presenta un análisis del desarrollo de la TA incluso desde las fases previas al nacimiento de los computadores.

Al revisar la evolución de la TA, se pueden destacar las primeras investigaciones en EE. UU. y en la Unión Soviética en la década de 1940, que dan paso a un período de gran optimismo en su desarrollo con el nacimiento de los computadores en los años 50 y 60. Un punto de inflexión fue el famoso informe ALPAC de 1966, que recomendaba disminuir la investigación sobre TA en Norteamérica y enfocar los recursos en el desarrollo de metodologías de traducción asistida. A partir de ese momento, se vuelve relevante el aporte de otros países como Canadá, Europa Occidental y principalmente Japón en los años 1970 y 1980, con el informe JEIDA que planteó un cambio radical al informe ALPAC. También en esa época comienza el desarrollo de sistemas más complejos como Systran, Logos y el involucramiento de grandes empresas en el desarrollo del software de TA. A contar de la década de 1990, comienza el auge de los computadores personales y el desarrollo de los supercomputadores, y posteriormente internet, que permiten implementar métodos más complejos y sistemas globales. Finalmente, es importante señalar que el objetivo de lograr una TA de calidad ha dado paso también, de manera paralela, a la investigación de herramientas computacionales de apoyo a la traducción.

En esta evolución relativamente rápida de la TA se han desarrollado variadas metodologías o enfoques para resolver los problemas complejos que se presentan en el proceso computacional. Mutal (2018) describe los tipos de TA desarrollados, donde se identifican los siguientes modelos según su arquitectura computacional:

- 1) Traducción mediante reglas. Estos sistemas utilizan diccionarios bilingües y reglas lingüísticas, y se pueden distinguir los siguientes enfoques:

- Enfoque **directo**, que consiste en traducir directamente palabra por palabra sin efectuar análisis y modificaciones importantes, salvo reglas de ordenamiento, validación y resolución de ambigüedades.
- Enfoque por **transferencia**, que considera tres fases: una de análisis para determinar la estructura del texto origen, una fase de transferencia a la estructura de la lengua meta y una final de generación de la solución.
- Enfoque **interlingua**, que considera un análisis del texto origen para representarlo en una lengua intermedia y a partir de esta generar una traducción del texto meta.

2) Traducción mediante análisis de corpus bilingües. Destacan los siguientes enfoques:

- Traducción automática **estadística**. Esta estrategia considera el análisis de una gran cantidad de corpus alineados de traducciones ya efectuadas, de manera que es posible determinar, mediante modelos estadísticos, la probabilidad de que una palabra, sintagma u oración sea la traducción adecuada y válida del texto origen.
- Traducción automática **neuronal**. Este enfoque también utiliza corpus paralelos, pero modela el proceso de traducción mediante una gran red neuronal, con arquitecturas de tipo codificador-decodificador y mecanismos de atención, sin considerar componentes separados como en el enfoque estadístico.

López (2018) señala que también existen métodos híbridos, que combinan dos o más de estos enfoques, como los métodos estadísticos con transferencia.

La traducción automática estadística fue la metodología de vanguardia hasta el surgimiento de la traducción automática neuronal, hace unos años atrás (2015). Gracias a la creciente capacidad de procesamiento y velocidad que poseen los

computadores, es posible un entrenamiento permanente de estos sistemas y por lo tanto la obtención de mejores resultados. Por estos motivos, los sistemas más modernos y utilizados en la actualidad utilizan metodologías estadísticas o neuronales, y son los que se utilizaron en el presente estudio.

## 2.2 Textos especializados considerados en el estudio

Los textos considerados en el presente estudio son resúmenes (*abstracts*) de artículo publicados en revistas de investigación en ingeniería hidráulica y, en particular, sobre el tema de modelación de flujos de agua subterránea. Por lo tanto, la característica más relevante es que se trata de textos especializados.

La tipología de textos especializados presenta ciertas particularidades que se han determinado en diversas publicaciones. Cabré (2004) ofrece un análisis interesante sobre este tema, y de su lectura se pueden identificar 4 aspectos básicos de los textos especializados:

- a) Poseen características lingüísticas especiales, entre las que destaca la utilización de la **terminología**, ya que el conocimiento especializado se materializa lingüísticamente sobre todo en los términos. Por ello, los textos especializados tienen una densidad terminológica creciente a medida que aumenta su nivel de especialización.
- b) El emisor siempre es un **especialista** que ha interiorizado los contenidos de su materia mediante un proceso de aprendizaje y sus destinatarios pueden ser especialistas, aprendices de especialistas o el público general.
- c) Desde el punto de vista cognitivo, un texto especializado transmite conocimiento que ha sido **conceptualizado de manera especializada**, es decir, codificado según esquemas o reglas preestablecidas en cada una de las materias o escuelas científicas y no compartido por el público general.

- d) Desde el punto de vista textual, un texto especializado se caracteriza por el **carácter restrictivo de sus estructuras** y por la **sistematicidad en la presentación de la información**. Los propósitos comunicativos de los textos especializados determinan la selección de estructuras sintáctico-textuales. Así, los textos de carácter argumentativo, descriptivo, ordenativo, evaluativo, enumerativo, etc., presentarán la forma más adecuadas para conseguir sus propósitos. Además, el discurso o la manera de transmitir el conocimiento cambia dependiendo del destinatario.

Siguiendo el análisis anterior, se pueden identificar estos 4 aspectos en los *abstracts* de los artículos de investigación seleccionados para este estudio:

- a) Estos textos presentan abundante terminología. Unidades léxicas como *acuífero, acuitardo, nivel freático, conductividad hidráulica*, entre otras, son términos que aparecen reiteradamente y que forman parte del dominio experto de la ingeniería hidráulica y modelación de flujos de agua subterránea.
- b) Los emisores son especialistas en el tema, pues son ingenieros o investigadores de universidades, estudiantes de postgrado o profesionales de centros de ingeniería que se han dedicado a estudiar el tema en particular.
- c) El esquema de presentación de la información sigue el orden lógico e implícito de un *abstract* de una revista científica, donde se presentan de forma muy abreviada los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de un estudio en el ámbito especializado ya señalado.
- d) Los *abstracts* van dirigidos a otros expertos. En ese sentido, utilizan recursos formales y sintácticos propios de ingenieros o investigadores

(oraciones cortas, con bastante información codificada para los expertos y sin recursos literarios que busquen embellecer los textos).

### 3. Metodología

#### 3.1 Etapas del trabajo

Como se ha planteado, el trabajo tiene como objetivo evaluar y comparar dos sistemas de TA estadísticos y neuronales, en su aplicación a la traducción de textos especializados. En la Figura 1 se puede ver un esquema con los 7 procesos seguidos para efectuar el estudio, que se pueden agrupar en etapas de definición, preparación y finalmente ejecución y análisis.

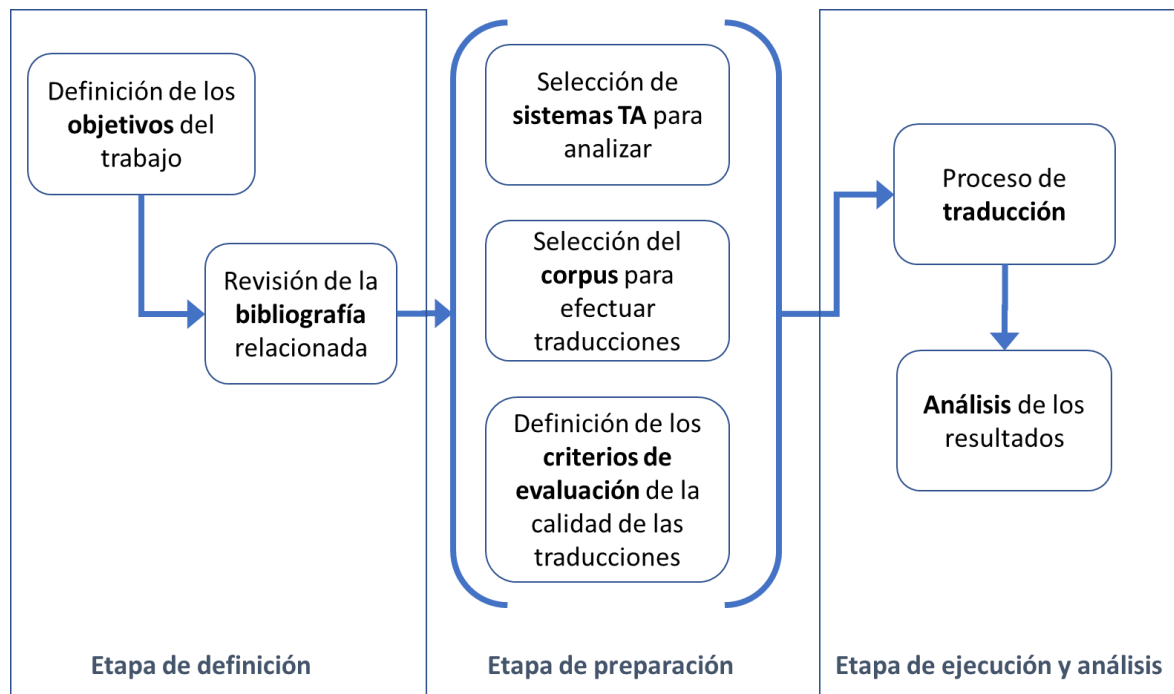


Figura 1. Etapas del trabajo

En primer lugar, en la etapa de definición, se determinaron los objetivos y se efectuó una revisión de la bibliografía relacionada con el tema definido.

Posteriormente, en la etapa de preparación, se realizó una selección de los sistemas de traducción a evaluar, que se describe en el subapartado 3.2. De forma paralela, se seleccionó el corpus de textos para efectuar las traducciones automáticas, buscando resúmenes en internet de artículos especializados en el tema de ingeniería hidráulica y modelación de flujos de agua subterránea (subapartado 3.3). A continuación, se definieron los criterios de evaluación de la calidad de las traducciones mediante metodologías encontradas en la revisión bibliográfica, con algunas modificaciones para adaptarlas a los textos especializados (subapartado 3.5).

Finalmente, en la última etapa, se efectuaron las traducciones utilizando las interfaces web de los sistemas seleccionados (subapartado 3.4). A partir de los textos obtenidos en las traducciones, se realizó el análisis de los resultados, según la evaluación de calidad definida con el objetivo de determinar el desempeño de los sistemas y efectuar una comparación entre ellos (apartado 4).

### 3.2 Sistemas de traducción utilizados

Existen varios sistemas de TA disponibles en la actualidad. Además del tipo de tecnología utilizada en sus motores, se diferencian por ser gratuitos, de pago, o limitados a cierto número de palabras; por ofrecer diferentes interfaces o formas de acceso, posibilidades de integrarse con sistemas de traducción asistida, alternativas de entrenamiento o de código libre, por ofrecer un determinado número de combinaciones lingüísticas, etc.

Para este estudio, se seleccionaron dos sistemas de TA ampliamente utilizados: **Google Translate (GT)** y **Bing Microsoft Translator (BMT)**. Estos sistemas combinan metodologías estadísticas y neuronales, además poseen una interfaz gratuita en internet y permanentemente están avanzando en el desarrollo de la

tecnología de la traducción automática. En los próximos párrafos se describirán con un poco más de detalle.

Google Translate (GT) es, sin duda, el sistema de TA de uso libre más utilizado en el mundo. Fue creado en el año 2006 como un traductor basado en reglas, pero ya al año siguiente incorporó la metodología de traducción basada en métodos estadísticos y, recientemente, en octubre de 2017, introdujo su motor *Google Neural Machine Translation* que utiliza estrategias de redes neuronales.

GT está disponible para 104 idiomas y posee una interfaz web (translate.google.com) que permite traducir hasta 5000 palabras de manera gratuita (Figura 2).

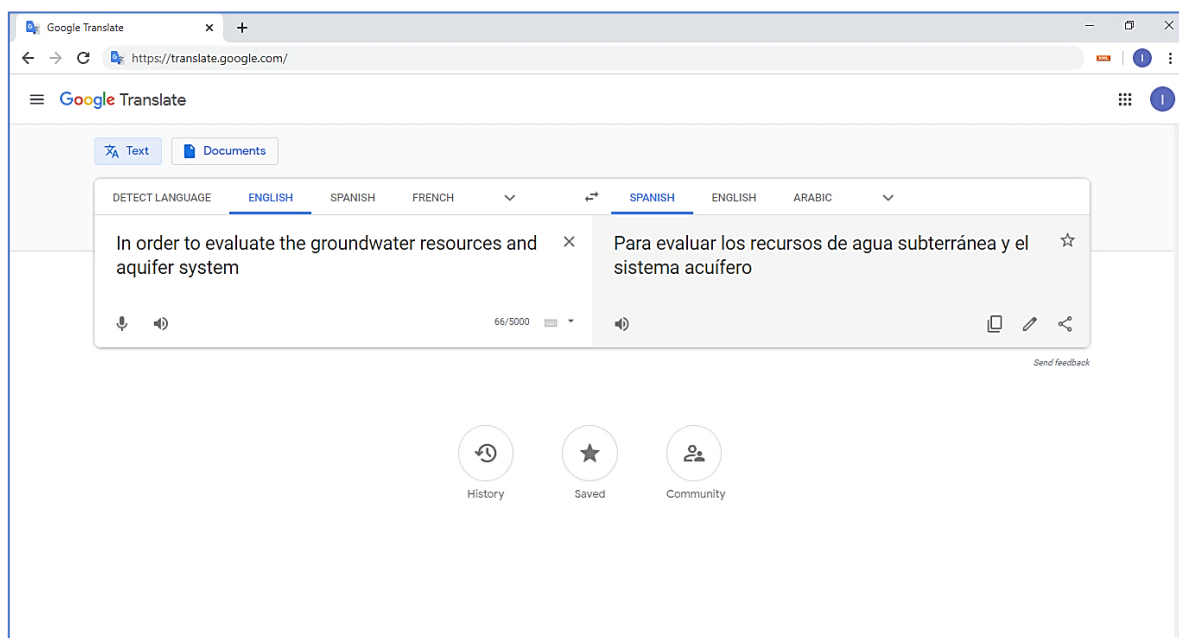


Figura 2. Interfaz web de Google Translate

Por su parte, Bing Microsoft Translator (BMT) es un sistema de TA que utiliza la tecnología de Microsoft Translator y es parte de los servicios que ofrece el buscador Bing. Este motor tiene la gran ventaja de estar integrado con otros productos de Microsoft, por lo que puede ser utilizado directamente al trabajar en Word o PowerPoint, por ejemplo.

Microsoft Translator utiliza estrategias de traducción automática basada en métodos estadísticos y recientemente ha incorporado también elementos de redes neuronales en varias de sus aplicaciones y combinaciones lingüísticas.

BMT está disponible para más de 60 idiomas. Su interfaz web ([bing.com/translator](http://bing.com/translator)) es muy similar a la de GT y también permite traducir de manera gratuita un máximo de 5000 palabras.

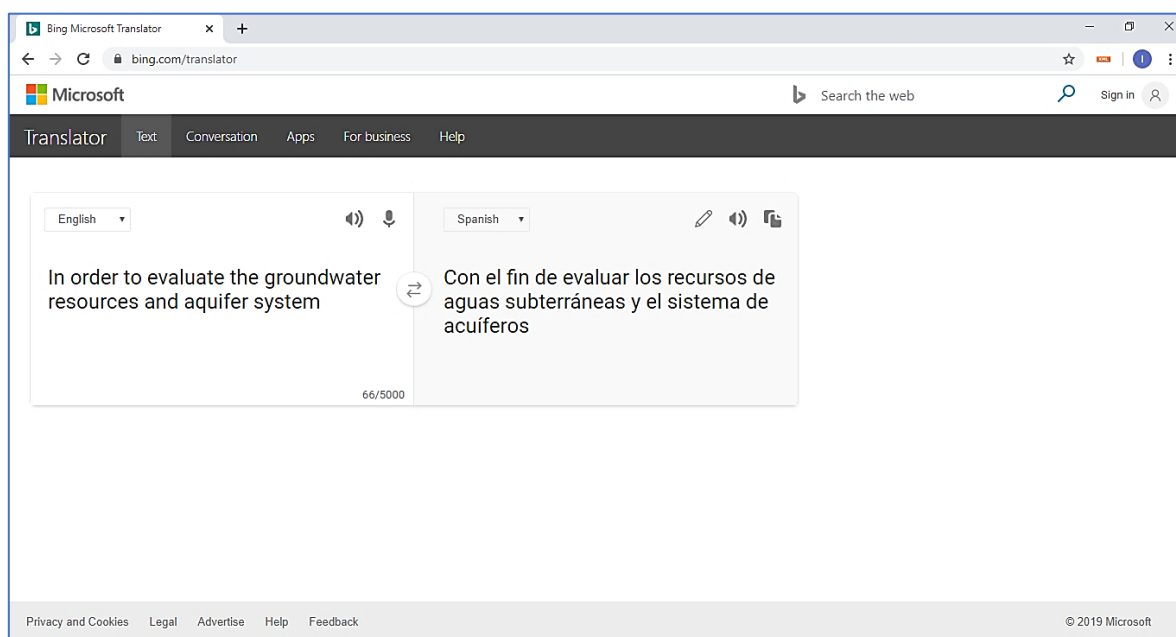


Figura 3. Interfaz web de Bing Microsoft Translator

### 3.3 Corpus seleccionado

El corpus seleccionado consistió en 8 *abstracts* en inglés de artículos publicados en revistas de investigación en ciencias de la ingeniería y en particular, en el tema de la modelación del flujo de agua subterránea, disponibles para su lectura en internet. Como se ha señalado, la tipología corresponde a textos especializados y el tema fue seleccionado debido a que el autor de este estudio se puede considerar experto, pues cuenta con una titulación de magister en ciencias de la



ingeniería, con especialización en ingeniería hidráulica, y publicó en el año 2003 un artículo en la revista de investigación *Journal of Hydrologic Engineering*, que también se incluye en el corpus.

Los textos contienen un total de 52 oraciones y 1323 palabras, y serán identificados según el nombre del autor principal (Tabla 1).

Artículo	Cantidad de palabras	Cantidad de oraciones
Qui et al.	197	9
Matteoda et al.	113	5
Hunt	158	6
Bobba	102	6
Chang et al.	198	9
Merrit	229	7
Tejeda et al.	149	5
Iglesias et al.	177	5
<b>TOTAL</b>	<b>1323</b>	<b>52</b>

Tabla 1. Cantidad de palabras y oraciones del corpus seleccionado

### 3.4 Proceso de traducción automática

El proceso de traducción es bastante simple y rápido. Los textos de los *abstracts* seleccionados se copiaron y se pegaron uno a uno en las interfaces web de Google Translate y Bing Microsoft Translator, indicadas en el subapartado 3.2. Los resultados de las traducciones se consolidaron, sin efectuarles modificaciones, en archivos Word y Excel para su análisis.

El corpus y el resultado de las traducciones automáticas se presenta en el Anexo de este documento.

### 3.5 Criterios de evaluación de las traducciones

En el último tiempo, se han desarrollado diversos estudios que tienen como objetivo determinar criterios para evaluar la calidad de las traducciones y definir errores en las mismas. Dentro de estos estudios, se han desarrollado varios mecanismos de análisis e instrumentos de evaluación, con enfoques lingüísticos, textuales, comunicativos, formales; muchos de ellos basados en las teorías modernas de la traducción.

Evidentemente, el concepto de “calidad” está relacionado con el resultado esperado de un producto, que en este caso es el texto meta y su función como resumen de un artículo especializado.

El resultado esperado de una traducción de un resumen de un artículo científico es que cumpla con la función específica de comunicar en forma muy abreviada los objetivos, metodología, resultados y conclusiones de un estudio en un ámbito especializado. Para ello, debe cumplir con los elementos formales, terminológicos y de discurso indicados en el subapartado 2.2.

Por lo tanto, para evaluar la calidad de estas traducciones, se deben considerar estos aspectos, y determinar criterios que permitan además comparar el desempeño de más de un sistema de TA.

Tomando en cuenta esto, se han considerado 3 tipos de evaluaciones. En primer lugar, se efectuó una evaluación de la **cantidad de palabras** que resultan luego de efectuar las traducciones. Con esto se pretende determinar si existe una diferencia entre la cantidad de palabras del texto origen con respecto al texto meta y verificar que esa diferencia sea consistente entre los sistemas de TA comparados. Además, esto permite efectuar una comparación preliminar de los

resultados entre los sistemas, al analizar las diferencias que provocan un aumento o disminución de palabras en las traducciones obtenidas de cada uno de ellos.

En segundo lugar, se efectuó una **evaluación cualitativa**, en la que se otorga una calificación, según un sistema definido en Teneche (2014), con notas que van desde 1 (mejor calificación) a 4 (peor calificación). En el presente estudio, se efectuaron algunas modificaciones a la descripción de las calificaciones para adaptarlas a un texto especializado. El puntaje y su descripción se pueden ver en la Tabla 2 y en rojo se destacan las modificaciones indicadas:

Nota	Descripción
1	La oración es perfectamente clara y entendible. Es correcta desde el punto de vista gramatical, se lee como texto elaborado en lenguaje original <b>por un especialista y no hay errores terminológicos.</b>
2	La oración es, en general, clara y se puede entender sin demasiado esfuerzo. A pesar de errores menores gramaticales o una elección poco afortunada de algunas palabras o <b>términos, se puede comprender el concepto que se transmite dentro del dominio especializado.</b>
3	La idea general de la oración se puede entender luego un análisis considerable. La oración posee errores gramaticales graves o una selección léxica muy errónea, <b>y no parece elaborada por un especialista. La elección de algún término es errónea y no permite identificar el concepto sin analizar la idea.</b>
4	La oración no se puede entender, y no tienen sentido efectuar un análisis.

Tabla 2. Criterios de evaluación cualitativa de las traducciones (Teneche, 2014) con modificaciones

Gracias a esta evaluación, se puede analizar un texto oración por oración, darle una calificación a cada una, determinar un promedio de evaluación y además verificar cuántas oraciones quedan evaluadas en cada nota. Siguiendo a Teneche (2014), una evaluación positiva de un sistema de TA tendría que generar un promedio cercano a 1 o 2, con pocas oraciones evaluadas en 4 e idealmente una buena cantidad de ellas evaluadas como 1.

La evaluación anterior tiene el inconveniente de que finalmente es un análisis subjetivo y no aporta información detallada de los errores en la traducción para efectuar análisis más complejos. Por lo tanto, la tercera evaluación realizada es el **análisis de errores**, para la cual se consideró la metodología MQM (*Multidimensional Quality Metrics Error Typology*) utilizada en Ortiz (2016), que define una tipología de errores y permite efectuar una revisión oración por oración para especificarlos y contabilizarlos. Al igual que el estudio indicado, las categorías evaluadas serán las que corresponden a *precisión* y *fluidez* (Tabla 3).

La categoría de *precisión* hace referencia a errores de elección de equivalentes o estrategias inadecuadas de traducción. La categoría de *fluidez* se refiere a errores de forma, orden o estructuración del discurso que afectan la lectura o comprensión de lo que pretende transmitir el texto de origen.

<b>Precisión</b>	<b>Terminología</b>	1	Terminología
	<b>Traducción incorrecta</b>	2	Literalidad
		3	Falso amigo o mala elección
		4	Traducción innecesaria
		5	Techa /hora
		6	Conversión de unidades
		7	Número
		8	Entidades o nombres
	<b>Omisión</b>	9	Omisión
	<b>Adición</b>	10	Adición
	<b>Sin traducción</b>	11	Sin traducción
<b>Fluidez</b>	<b>Ortografía</b>	12	Uso de mayúsculas
		13	Tilde diacrítico
	<b>Tipografía</b>	14	Puntuación
		15	Paréntesis
	<b>Gramática</b>	16	Morfología
		17	Concordancia
		18	Estructuración del discurso
		19	Función incorrecta
		20	Orden de las palabras
		21	Faltan palabras funcionales
	<b>No clasificable</b>	22	No clasificable (incomprensible)

Tabla 3. Categoría de errores MQM (Ortiz, 2016)

De esta manera, se cuenta con 22 tipos de errores. Esta evaluación permite identificar los que más se repiten y comparar los dos sistemas para verificar si se las tipologías y las frecuencias de los errores son coincidentes o no. Sin embargo, tiene el inconveniente de que por sí misma no permite entender la gravedad de los errores en el contexto de cada oración y en qué medida afectan a la comprensión general. Por lo tanto, esta evaluación se debe complementar con la anterior, para compensar los inconvenientes que posee cada una de manera individual.

En resumen, con estas tres evaluaciones (i.e. cantidad de palabras, evaluación cualitativa y análisis de errores), se cuenta con una metodología que permite evaluar de manera efectiva la calidad de las traducciones de los tipos de textos indicados y comparar de manera clara el desempeño de los dos sistemas de TA seleccionados.

## **4. Resultados y análisis**

### **4.1 Cantidad de palabras**

Como se señaló en el subapartado 3.5, el primer análisis consiste en revisar la cantidad de palabras que resultan en español luego de efectuar las traducciones automáticas. En una traducción del inglés a español, se espera una expansión o incremento en la cantidad de palabras, dada las diferencias estructurales del idioma origen comparado con el de destino y por las estrategias utilizadas en la traducción. Es común encontrar expansiones de al menos un 20% o un 30% en la cantidad de palabras en traducciones humanas de textos para este par lingüístico. Por lo tanto, un primer control, muy general, de la efectividad de la traducción, es verificar si se cumple esta condición.

En la Tabla 4, se puede apreciar la cantidad de palabras de los textos origen en inglés y la cantidad resultante en español.

Artículo	Texto origen inglés	Google Translate		Bing Microsoft Translator	
		Cantidad	% adicional	Cantidad	% adicional
Qui et al.	197	236	20%	247	25%
Matteoda et al.	113	120	6%	124	10%
Hunt	158	194	23%	194	23%
Bobba	102	108	6%	114	12%
Chang et al.	198	278	40%	283	43%
Merrit	229	269	17%	276	21%
Tejeda et al.	149	170	14%	174	17%
Iglesias et al.	177	193	9%	199	12%
<b>TOTAL</b>	<b>1323</b>	<b>1568</b>	<b>19%</b>	<b>1611</b>	<b>22%</b>

Tabla 4. Cantidad de palabras resultantes en idioma español y porcentajes de incremento

En la Tabla 4, se puede apreciar que existe un incremento en la cantidad de palabras totales de un 19% para Google Translate y un 22% para Bing Microsoft Translator, lo que es coherente con lo indicado en el párrafo anterior. Como se puede ver en la tabla, en todos los *abstracts* traducidos existe un aumento que varía entre el 6% y el 40% para GT y entre el 10% y el 43% para BMT.

Otro aspecto que llama la atención es que BMT generó, en casi los casos, una mayor cantidad de palabras que GT, como se puede ver en la Tabla 5.

Artículo	Texto origen inglés	Google Translate	Bing Microsoft Translator	cantidad adicional	% diferencia
Qui et al.	197	236	247	11	5%
Matteoda et al.	113	120	124	4	3%
Hunt	158	194	194	0	0%
Bobba	102	108	114	6	6%
Chang et al.	198	278	283	5	2%
Merrit	229	269	276	7	3%
Tejeda et al.	149	170	174	4	2%
Iglesias et al.	177	193	199	6	3%
<b>TOTAL</b>	<b>1323</b>	<b>1568</b>	<b>1611</b>	<b>43</b>	<b>3%</b>

Tabla 5. Comparación de cantidad de palabras entre los sistemas de TA

En total, la diferencia en favor de BMT fue de un 3%, que corresponde a 43 palabras adicionales. En solo un caso, la cantidad de palabras fue la misma, y para el resto la diferencia fue entre un 2% y un 5% superior en comparación con GT. Si bien la diferencia es pequeña, su análisis permite identificar algunas características de la elección de las soluciones de traducción entre ambos sistemas.

En los textos origen, se repite 4 veces la palabra *occurs*, que GT la traduce simplemente con su equivalente “ocurre” y BMT utiliza la construcción verbal refleja “se produce”. Por ejemplo:

- Origen: *Results indicate that the discharge of groundwater **occurs** essentially in...*
- GT: Los resultados indican que la descarga de agua subterránea **ocurre** esencialmente en...
- BMT: Los resultados indican que la descarga de agua subterránea **se produce** esencialmente en...

En este caso, ambas opciones son igualmente válidas tanto en función como en forma. Otras diferencias tienen que ver con una tendencia al uso de conectores más simples en GT y compuestos en BMT, errores terminológicos, redundancias y uso de formas pasivas o pasivas reflejas. La Tabla 6 muestra las diferencias más claras encontradas y que provocan un aumento en el número de palabras, junto con una breve evaluación de las soluciones:

Google Translate	Bing Microsoft Traslador	Evaluación
y	así como	Ambas correctas
varios	los diversos	Ambas correctas
resultados	resultados alcanzados	Redundancia en BMT
agua salada	agua de salmuera	Redundancia en BMT
bombeo excesivo	exceso de bombeo	Ambas correctas
capa freática	tabla de agua	Error terminológico en BMT
se ve	se demuestra que	Ambas correctas
según la	dependiendo de la	Ambas correctas
se efectuó	se llevó a cabo	Ambas correctas
modelarse bien	ser bien modelados	Uso poco usual del pasivo en BMT
son	se muestran	Pasiva refleja muy literal en BMT
aquí	en este documento	Ambas correctas
basado	sobre la base de	Ambas correctas
considerar	tener en cuenta	Ambas correctas
varias	una serie de	Ambas correctas

Tabla 6. Diferencias que provocan aumento en el número de palabras luego de las traducciones

Por último, cabe señalar que existen un par de situaciones en las cuales BMT agregó más palabras, pero gracias a ello el texto resultante es más adecuado que el de GT. Destaca este ejemplo:

- Origen: ***Flow of freshwater and saltwater intrusion in coastal aquifers...***
- GT: **El flujo de intrusión de agua dulce y salada** en los acuíferos costeros... [Esta traducción es incorrecta, pues tanto *flow of freshwater* como *saltwater intrusion* son unidades independientes, y GT no las consideró así].
- BMT: **El flujo de agua dulce y la intrusión de agua salada** en los acuíferos costeros... [Esta solución es correcta, y contiene más palabras que la traducción con GT].



## 4.2 Evaluación cualitativa

Según la metodología indicada en el subapartado 3.5, la evaluación cualitativa consiste en calificar entre 1 y 4 cada oración traducida por cada uno de los sistemas.

Se analizó el total de las 52 oraciones de los *abstracts*, y para ejemplificar el criterio utilizado para otorgar las calificaciones, se muestra un caso de oración calificada con cada una de las notas o puntajes para cada sistema de TA, junto con una traducción humana propuesta por el autor de este trabajo para las evaluadas como 2, 3 o 4:

### Ejemplos de nota 1:

- Origen: *In this study, a two-dimensional SEAWAT model is developed to simulate the seawater intrusion to coastal aquifers and brine water/fresh water interaction in the south of Laizhou Bay.*
- GT: En este estudio, se desarrolla un modelo SEAWAT bidimensional para simular la intrusión de agua de mar en los acuíferos costeros y la interacción de agua salada / agua dulce en el sur de la bahía de Laizhou.
- Origen: *Estuarine and coastal areas have been intensively studied given their complexity, ecological, and societal value and the importance of their ecosystem services.*
- BMT: Las zonas estuarinas y costeras han sido estudiadas intensamente dada su complejidad, valor ecológico y social y la importancia de sus servicios ecosistémicos.

### Ejemplos de nota 2:

- Origen: *The precipitation infiltration coefficient, boundary conditions and thicknesses of aquifers are studied in a sensitivity analysis.*
- GT: El coeficiente de infiltración de precipitación, las condiciones de contorno y el grosor de los acuíferos se estudian en un análisis de sensibilidad.
- Propuesta de traducción humana: Se efectúa un análisis de sensibilidad para analizar las variaciones del coeficiente de infiltración de las precipitaciones, las condiciones de borde y el grosor de los acuíferos. [La traducción de GT es comprensible sin mucho esfuerzo, pero quedó poco natural, pues requiere un cambio en el orden de la oración]
- Origen: *The mass balance shows that the main water input to the aquifer occurs primarily by effective infiltration from precipitations, and, of minor interest, by various entry sections into the aquifer.*
- BMT: El balance de masa muestra que la entrada principal de agua al acuífero se produce principalmente por infiltración efectiva de precipitaciones, y, de menor interés, por varias secciones de entrada en el acuífero.
- Propuesta de traducción humana: El balance de masa muestra que el ingreso principal del agua se genera por la infiltración efectiva de las precipitaciones y, en menor medida, en otras áreas del acuífero. [La traducción de BMT se puede entender sin mucho análisis, pero resultó con una repetición del concepto “principal”, además existe una traducción literal poco adecuada de *minor interest* y de la frase final].

### Ejemplos de nota 3:

- Origen: *The hydrogeological parameters in the SEAWAT-2000 model are calibrated by the head and salinity measurements.*
- GT: Los parámetros hidrogeológicos en el modelo SEAWAT-2000 están calibrados por las mediciones de la cabeza y la salinidad.

- Propuesta de traducción humana: Los parámetros hidrogeológicos en el modelo SEAWAT-2000 se calibraron con mediciones de la carga hidráulica y la salinidad. [Existen algunos errores en la estructuración del discurso, pero el más grave es terminológico: *head* en este caso se refiere a la *carga hidráulica*].
- Origen: *Estuarine and coastal management must be based on a sound characterization of these areas, which is achievable complementing the comprehensive field measurements with numerical models solutions.*
- BMT: La gestión estuarina y costera debe basarse en una caracterización sólida de estas zonas, que es posible complementar las mediciones de campo integrales con soluciones de modelos numéricos.
- Propuesta de traducción humana: La gestión estuarina y costera debe tomar como base una caracterización completa de estas zonas, lo que se puede lograr por medio de soluciones numéricas que se complementen con la información obtenida en mediciones amplias en terreno. [La estructuración del discurso presenta problemas, y se requiere un análisis amplio para comprender el significado del texto traducido].

#### **Ejemplo de nota 4:**

- Origen: *The results demonstrate both a qualitatively different description of transport using the experimental algorithms and the interrelated influences of molecular diffusion and transverse dispersion on simulated recovery efficiency.*
- GT: Los resultados demuestran una descripción cualitativamente diferente del transporte utilizando los algoritmos experimentales y las influencias interrelacionadas de la difusión molecular y la dispersión transversal en la eficiencia de recuperación simulada.
- Propuesta de traducción humana: Los resultados muestran comportamientos cualitativamente diferentes del transporte y las eficiencias

de recuperación simuladas cuando se utilizan los algoritmos experimentales y cuando se considera la influencia interrelacionada de la difusión molecular y la dispersión transversal. [El párrafo traducido original no se logra comprender].

- Origen: *Consequently, drawdown curves and plots of stream depletion versus time are all found to have two inflection points.*
- BMT: Por lo tanto, se encuentra que las curvas de reducción y las gráficas de agotamiento de la secuencia frente al tiempo tienen dos puntos de inflexión.
- Propuesta de traducción humana: Por lo tanto, se determina que las curvas de descenso y los gráficos de agotamiento de la corriente superficial en función del tiempo tienen dos puntos de inflexión. [Existen varios errores de selección léxica, literalidad y terminología].

El promedio de GT fue de 2, por lo que según la Tabla 2 podemos asimilar el resultado a la descripción de esa nota, que indica que el traductor entregó, en general, oraciones claras y que se pueden entender sin demasiado esfuerzo y, a pesar de algunos errores menores gramaticales o una elección poco afortunada de algunas palabras o términos, es posible comprender el contenido del resumen.

En el caso de BMT, el promedio fue de 2,4, lo que es una evaluación más negativa que GMT. Esta evaluación está entre la nota 2 y 3 y para dar una descripción general de la evaluación, se pueden tomar elementos intermedios de ambas notas. Se puede decir que las ideas generales de las oraciones que entrega el traductor se pueden entender luego cierto nivel de análisis, que en algunos casos es menor. Las oraciones poseen errores gramaticales, algunas veces poco importantes y otras veces más graves, y en ocasiones también se presentan malas elecciones de palabras. En algunos casos las oraciones no parecen elaboradas por un especialista, o la elección de algún término es errónea y se requiere un análisis mayor para entender el texto.

Por otro lado, la Figura 4 presenta la frecuencia de las notas. Se puede apreciar que GT generó 13 oraciones con nota 1 (oraciones muy claras y sin errores), lo que es significativamente mayor a las 3 que generó BMT. En el otro extremo, GT generó solo una oración calificada con nota 4 (oración incomprensible), lo que es menor a las 5 oraciones calificadas de esta manera para BMT.

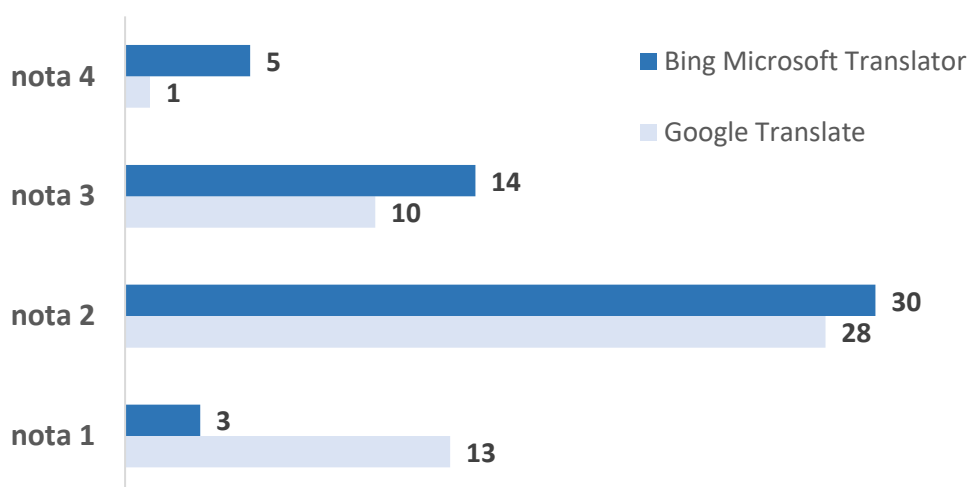


Figura 4. Cantidad de oraciones por cada nota

Finalmente, la Tabla 7 presenta la cantidad de oraciones en que cada traductor obtuvo mejor nota que el otro, donde se puede apreciar que GT obtuvo 20 oraciones con mejor calificación, contra 2 de BMT.

Traductor con mejor nota	Cantidad oraciones
Google Translate	20
Bing Microsoft Translator	2
Misma nota	30
<b>Total</b>	<b>52</b>

Tabla 7. Cantidad de oraciones en que cada traductor obtuvo mejor nota

### 4.3 Análisis de los errores

La Tabla 8 presenta la cantidad de errores de cada tipo encontrados en las oraciones generadas por los sistemas de TA.

		Google Translate	Bing Microsoft Translator
1	Terminología	12	16
2	Literalidad	9	17
3	Falso amigo o selección errónea	11	18
4	Traducción innecesaria	2	2
5	Fecha /hora	0	0
6	Conversión de unidades	0	0
7	Número	1	3
8	Entidades o nombres	0	0
9	Omisión	2	2
10	Adición	0	2
11	Sin traducción	0	3
12	Uso de mayúsculas	0	2
13	Tilde diacrítica	0	0
14	Puntuación	1	0
15	Paréntesis	1	0
16	Morfología	0	1
17	Concordancia	1	5
18	Estructuración del discurso	9	12
19	Función incorrecta	0	0
20	Orden de las palabras	6	9
21	Falta de palabras funcionales	10	10
22	No clasificable (incomprensible)	1	5
	<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>107</b>

Tabla 8. Tipología de errores para cada sistema de traducción automática

En primer lugar, se puede apreciar que la cantidad de errores es significativamente mayor para BMT que para GT. BMT presenta 107 errores, comparados con los 66 de GT, lo que implica un 62% más.

La mayor cantidad de errores se encuentran en las tipologías de terminología, literalidad, falso amigo o selección léxica errónea (precisión) y estructuración del discurso, falta de palabras funcionales y orden de las palabras (fluidez y en particular gramática). La cantidad de errores es mayor en cada una de estas tipologías para GMT que para GT, salvo en la categoría falta de palabras funcionales.

Se analizarán, a continuación, las 6 categorías de errores señaladas, por ser las más relevantes y las que presentan mayores diferencias entre los sistemas.

#### **a) Terminología**

Como se ha señalado, una característica importante de los textos especializados es la presencia abundante de terminología. Dado que los sistemas de TA utilizados no necesariamente debieran estar entrenados con la tipología de los textos origen (especializados en ingeniería hidráulica), puede ser esperable que se presente una cantidad relativamente elevada de errores en la elección de los equivalentes terminológicos. Para la traducción de este tipo de textos, este error es particularmente grave pues hace que la oración quede, en lo formal, fuera del dominio experto y semánticamente incomprensible.

En la Tabla 9 se puede ver un listado de los términos más relevantes traducidos y la evaluación de las soluciones para ambos sistemas. Se puede apreciar que, si bien en parte se cumplió la existencia de varios errores en la traducción, llama la atención positivamente la respuesta de los traductores en algunos casos, donde se utilizaron correctamente los equivalentes de *aquifer* (acuífero), *aquitard* (acuitardo), o *freatic* (freático). Un error grave y repetido fue la elección de *cabeza* para el término *head*, que tiene el equivalente, en ingeniería hidráulica, de *carga hidráulica*.

De todas maneras, GT presentó una menor cantidad de errores de terminología que BMT y se destaca por la correcta elección de los equivalentes de *aquitard* y *water table*.

Término	Equivalente	Google Translate		Bing Microsoft Translator	
		Traducción	Eval.	Traducción	Eval.
aquifer	acuífero	acuífero	✓	acuífero	✓
aquitard	acuitardo	acuitardo	✓	<b>aquitard</b>	<b>x</b>
boundary conditions	condiciones de borde o contorno	condiciones de contorno	✓	<b>condiciones límite</b>	<b>x</b>
cone of depression	cono de depresión	cono de depresión	✓	cono de depresión	✓
contour map	mapa de curvas de nivel	<b>mapa de contorno</b>	<b>x</b>	<b>mapa de contorno</b>	<b>x</b>
dispersive flux	flujo dispersivo	flujo de dispersión	✓	flujo dispersivo	✓
drawdown curve	curva de descenso	<b>curva de reducción</b>	<b>x</b>	<b>curva de reducción</b>	<b>x</b>
forecasting period	período de análisis	<b>período de pronóstico</b>	<b>x</b>	<b>período de previsión</b>	<b>x</b>
groundwater	agua subterránea	agua subterránea	✓	agua subterránea	✓
head	carga hidráulica	<b>cabeza, altura de agua</b>	<b>x</b>	<b>cabeza</b>	<b>x</b>
hydraulic conductivity	conductividad hidráulica	conductividad hidráulica	✓	conductividad hidráulica	✓
phreatic	freático	freático	✓	freático	✓
river stage	nivel del río	<b>etapas del río</b>	<b>x</b>	<b>etapas del río</b>	<b>x</b>
saltwater intrusion	intrusión salina o de agua salada	intrusión de agua salada	✓	intrusión de agua salada	✓
semiconfined aquifer	acuífero semiconfinado	acuífero semiconfinado	✓	acuífero semiconfinado	✓
solute transport	transporte de soluto	transporte de solutos	✓	transporte de solutos	✓
specific yield	rendimiento específico	rendimiento específico	✓	rendimiento específico	✓
stream	corriente superficial	<b>arroyo, corriente</b>	<b>x</b>	<b>arroyo, corriente</b>	<b>x</b>
water budget	balance de agua	<b>presupuesto de agua</b>	<b>x</b>	<b>presupuesto de agua</b>	<b>x</b>
water mass balance	balance de masa de agua	balance de masa de agua	✓	balance de masa de agua	✓
water table	superficie libre o freática	capa freática	✓	<b>tabla de agua</b>	<b>x</b>

Tabla 9. Terminología y la evaluación de su traducción por ambos sistemas de TA



## b) Literalidad

Dado que el objetivo de la traducción de los textos estudiados es transmitir los conceptos del estudio científico dentro de las convenciones formales y estilísticas establecidas para los resúmenes, una traducción demasiado literal puede llevar a errores en la forma, la sintaxis e incluso en la semántica de las oraciones.

Al comparar los dos sistemas, se puede apreciar que existe una mayor cantidad de errores de este tipo por parte de BMT (9) que de GT (17). A diferencia de los errores terminológico, los errores de literalidad detectados provocaron, en general, problemas más formales y de menor gravedad por no afectar al sentido (significado).

Por ejemplo, en la siguiente oración, el error de literalidad subrayado provoca una frase comprensible pero poco natural para un texto especializado (error cometido por ambos sistemas). La oración además contiene errores de terminología: *head* y *contour maps*, que tienen mayor influencia en la interpretación incorrecta del significado.

- Origen: *The model was calibrated by trial and error, simulated results were compared to the observed head and contour maps, which were generally in good agreement...*
- BMT: El modelo fue calibrado por ensayo y error, los resultados simulados se compararon con los mapas de cabeza y contorno observados, que generalmente estaban de acuerdo...
- Propuesta humana: La calibración del modelo se efectuó por el método de prueba y error, y se obtuvo una concordancia aceptable de las simulaciones con las mediciones de las curvas de nivel y de la carga hidráulica...

Lo mismo en el siguiente caso, entregado por GT, en que el exceso de literalidad genera una oración comprensible pero con repeticiones y problemas de estructuración del discurso.

- Origen: *The solution calculated herein is general enough to reduce to a solution calculated earlier by Hunt when the aquitard becomes impermeable.*
- GT: La solución calculada aquí es lo suficientemente general como para reducirla a una solución calculada anteriormente por Hunt cuando el acuitardo se vuelve impermeable.
- Propuesta traducción humana: La solución presentada es de carácter general y permite obtener el caso particular de un acuífero impermeable, presentado previamente por Hunt.

### c) Falso amigo o selección léxica errónea

Este tipo de error se puede referir a una mala elección de un equivalente de una palabra (que no es un término) y que cambia el sentido del texto origen; o una elección poco afortunada de la misma, que si bien transmite el significado original, genera una oración poco fluida o fuera del dominio experto. Si bien GT generó nuevamente menor cantidad de errores con falsos amigos, en las traducciones de ambos sistemas se detectaron principalmente elecciones poco afortunadas que cambian aspectos de connotación o formales.

Por ejemplo, en el siguiente caso, la elección de “preocupación” y “documento” como equivalentes de *concern* y *paper*, si bien transmiten en gran medida la idea original, tienen una connotación algo diferente y afectan el aspecto convencional de la oración.

- Origen: *Mathematical models have wider range of application and are the concern of this paper.*

- BMT: Los modelos matemáticos tienen una gama más amplia de aplicación y son la preocupación de este documento.
- Propuesta de traducción humana: Los modelos matemáticos se pueden aplicar a una mayor cantidad de situaciones y son el foco de atención de este estudio.

En este otro ejemplo, la traducción “discute” de *discuss* que generó GT es un falso amigo, pues es más correcto utilizar “analiza” o “estudia”

- Origen: *The validity of the results obtained and the limitations of these models are also discussed.*
- GT: También se discute la validez de los resultados y las limitaciones de estos modelos.
- Propuesta traducción humana: También se analiza la validez de los resultados y las limitaciones de estos modelos.

**d) Errores gramaticales (fluidez): orden de las palabras, estructuración del discurso y falta de palabras funcionales**

Los errores gramaticales de este tipo encontrados provocan problemas de diferente importancia. En algunos casos, son muy graves, pues cambian el significado de la oración, como en el caso ya analizado en el subapartado 4.1, en donde el error de orden de las palabras forma una oración que pierde parte del mensaje original:

- Origen: *Flow of freshwater and saltwater intrusion in coastal aquifers...*
- GT: El flujo de intrusión de agua dulce y salada en los acuíferos costeros... [El orden de las palabras es clave, pues tanto *flow of freshwater* como *saltwater intrusion* son unidades independientes, pero GT no las consideró así].

- Propuesta de traducción humana: El flujo de agua dulce y la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros...

Por otro lado, en el siguiente caso el error de orden de palabras (colocación léxica) mantiene la oración comprensible, pero la solución entregada es incorrecta desde el punto de vista formal.

- Origen: *This paper presents a conceptual model of the phreatic sedimentary aquifer...*
- BMT: Este documento presenta un modelo conceptual del acuífero sedimentario freático... [Lo correcto es “acuífero freático sedimentario”].
- Propuesta de traducción humana: En este artículo se presenta un modelo conceptual del acuífero freático sedimentario...

En general, los errores del tipo estructuración del discurso provocaron oraciones comprensibles pero que requieren mejoras para que queden bien construidas. La siguiente oración requiere una reorganización de su estructura para que quede natural, pero existe otro error realmente importante que es la traducción del término *boundary conditions* por *condiciones límite*.

- Origen: *The precipitation infiltration coefficient, boundary conditions and thicknesses of aquifers are studied in a sensitivity analysis.*
- BMT: El coeficiente de infiltración de precipitación, las condiciones límite y los espesores de los acuíferos se estudian en un análisis de sensibilidad.
- Propuesta traducción humana: Se efectúa un análisis de sensibilidad para analizar el efecto de las variaciones del coeficiente de infiltración, las condiciones de borde y el espesor de los acuíferos.

Por otro lado, en este caso, revisado anteriormente, la estructuración del discurso genera una oración algo confusa, por lo que el error es de mayor importancia.

- Origen: *The solution calculated herein is general enough to reduce to a solution calculated earlier by Hunt when the aquitard becomes impermeable.*
- GT: La solución calculada aquí es lo suficientemente general como para reducirla a una solución calculada anteriormente por Hunt cuando el acuitardo se vuelve impermeable.
- Propuesta traducción humana: La solución presentada es de carácter general, y permite obtener el caso particular de un acuífero impermeable, presentado previamente por Hunt.

Finalmente, el tipo de error “falta de palabras funcionales” provocó en general problemas de menor importancia, como en este caso, donde se omitió el artículo “las”.

- Origen: *Results indicate that the discharge of groundwater occurs essentially in freshwater-saline water interface zones, where a number of lagunas begin.*
- GT: Los resultados indican que la descarga de agua subterránea ocurre esencialmente en zonas de interfaz de agua dulce-salina, donde comienzan varias lagunas. [Falta el artículo “las”].
- Traducción humana propuesta: Se observa que la descarga del agua subterránea se produce fundamentalmente en las zonas de la interfaz de agua dulce y salada, justo donde comienzan las lagunas.

Los errores gramaticales fueron igualmente superiores en BMT (44) que en GT (29), es decir un 52% adicional, pero la diferencia es más cercana que en los errores de precisión, pues BMT presentó 63 contra los 37 de GT (70% más).

## 5. Conclusiones y líneas de trabajo futuro

En el presente estudio, se ha desarrollado una evaluación del desempeño de dos sistemas de traducción automática en su aplicación a textos especializados en ingeniería hidráulica y aguas subterráneas. Los sistemas utilizados son Google Translate (GT), que utiliza básicamente un motor basado en redes neuronales, y Bing Microsoft Translator (BMT), que utiliza estrategias estadísticas y que ha incorporado también en el último tiempo elementos de redes neuronales en algunas de sus aplicaciones.

Los resultados obtenidos fueron analizados utilizando 3 criterios: 1) cantidad de palabras, 2) evaluación cualitativa, 3) análisis de los errores. Se considera que estos 3 criterios son complementarios, sobre todo el 2) y el 3), pues la combinación de ellos permite no solo detectar los errores, sino también evaluar la gravedad de los mismos.

Se debe señalar que estos análisis, a pesar de que entregan definiciones y criterios con cierto detalle, tienen indudablemente elementos de subjetividad. Muchas veces los errores se pueden encasillar en más de una tipología, o la evaluación cualitativa, que es finalmente una “opinión”, puede llegar a ser diferente entre dos analistas.

Es importante destacar que los análisis toman en cuenta los elementos clave de los textos especializados y, en particular, de los *abstracts* de artículos de investigación. Este aspecto es relevante y debe considerarse para evaluar la calidad de la traducción, pues estos textos se diferencian por la importancia de la terminología, la formalidad y concisión del discurso, y el objetivo que persiguen: transmitir de manera resumida los objetivos, resultados y conclusiones de un artículo con conocimiento especializado (comunicación de un especialista a otro o a un aprendiz de especialista).

Al revisar los análisis de los resultados de manera general, se puede señalar que tanto GT como BMT produjeron resultados bastante aceptables, dada la nota promedio que se le otorgó en la evaluación cualitativa (2,0 y 2,4). Los errores más graves detectados están relacionados con la terminología, pero dado que estos sistemas están contruidos con la lógica del análisis de corpus paralelos, un entrenamiento específico en la temática debiera lograr una mejora significativa en los desempeños. Se puede señalar que los sistemas de TA se adaptan bien a la tipología de textos especializados, pues un exceso de literalidad —que puede ser una crítica relativamente común para estos sistemas cuando se aplican a otras tipologías de textos que utilicen recursos más literarios—, pasa a ser un factor menos determinante en la calidad de las traducciones.

En todo caso, para ambos sistemas, sigue siendo necesaria una revisión y edición manual de los resultados para obtener traducciones que mantengan la “invisibilidad del traductor”, es decir, que parezcan escritas por un especialista o efectuadas por un profesional de la traducción.

Al analizar en detalle los 3 criterios evaluados, se puede señalar lo siguiente:

- Con relación a la cantidad de palabras, que consiste en comparar la cantidad de palabras generadas por cada sistema en español respecto a la cantidad del original en inglés, se observa que ambos sistemas generaron un incremento en ellas (19% adicional en GT y 22% en BMT), lo que es consistente con los resultados obtenidos en traducciones humanas. La pequeña diferencia que existe entre ellos se explicada fundamentalmente por una mayor tendencia observada en BMT de utilizar construcciones perifrásticas en vez de palabras únicas (“así como” en vez de “y”; “se produce” en vez de “ocurre”).
- Respecto a la evaluación cualitativa, que consistió en otorgar una calificación entre 1 y 4 según la calidad de la traducción, GT obtuvo un

promedio de 2,0, comparado con el 2,4 que obtuvo BT. GT produjo en general, oraciones más claras y mejor estructuradas gramaticalmente. GT también obtuvo menor cantidad de oraciones totalmente incomprensibles (nota 4) y mayor cantidad de oraciones perfectamente claras (nota 1).

- Desde el punto de vista del análisis de los errores, GT generó una cantidad total significativamente menor y se destacó por tener una menor cantidad de errores de terminología, de selección léxica y de exceso de literalidad, lo que es consistente con la evaluación de calidad indicada anteriormente y entrega una explicación de la diferencia señalada entre los dos sistemas.

En base a estos resultados, se puede concluir que Google Translate es un mejor traductor automático para este tipo de textos especializados, con resultados bastante aceptables, y en muchos casos con traducciones que resultan en oraciones claras y que respetan las convenciones de los textos especializados en ciencias de la ingeniería. Como se ha señalado, probablemente con un entrenamiento específico en el tipo de textos especializados, los resultados mejorarían bastante, principalmente en lo referido a los errores terminológicos.

Un futuro estudio interesante podría ser el evaluar el desempeño antes y después de un proceso de “entrenamiento” con corpus paralelos basado en textos especializados del tema estudiado. Por otro lado, algo que quedó fuera del alcance del presente estudio fue comparar metodologías puras en la TA de textos especializados: considerar Google Translate u otro sistema basado en redes neuronales con Moses u otro sistema basado solo en métodos estadísticos. Con esto, se podría verificar si las diferencias en los resultados y los errores son independientes (o no) a los sistemas, y son atribuibles a la metodología de la traducción estadística, neuronal, al sistema específico, o a una falta de entrenamiento por alimentación incompleta de corpus.



En estudios futuros se puede explorar también otras metodologías de análisis de los resultados. En particular, podría ser interesante aplicar sistemas análisis automático de traducciones. En López (2018) se describen varias de ellas, entre las que se pueden destacar la metodología BLEU.

También puede ser interesante aplicar estos sistemas de traducción a los textos completos de los artículos científicos, para determinar otro tipo de resultados, como la coherencia de las ideas y la elección de palabras entre párrafos, o el tipo de formalidad general que resulta en el texto completo traducido.

## 6. Bibliografía

- Cabré, M. T. (2004). La terminología en la traducción especializada. En C. García, V. García (Eds.). *Manual de documentación y terminología para la traducción especializada*. (pp. 89-122). Madrid, España: Arco/Libros. Colección: Instrumenta Bibliológica.
- Díaz, P. (2012). Luces y sombras en los 75 años de traducción automática. En R. Rabadán, T. Guzmán y M. Fernández (Eds.), *Lengua, traducción, recepción*. (pp. 139-175). León, España: Universidad de León.
- López, A. (2018). *Traducción automática neuronal y traducción automática estadística: percepción y productividad*. (Trabajo de Fin de Máster). Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Mutal, J. (2018). *Evaluación comparativa de modelos de traducción estadística y neuronal*. (Tesis de Posgrado). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ortiz-Boix, C. (2016). Machine Translation and Post-editing Wildlife Documentaries: Challenges and Possible Solutions. *Hermeneus* 18, 269-313.
- Teneche, M. (2014). *Evaluación de tres traductores automáticos en línea cuando traducen unidades especializadas eventivas (español-inglés)*. (Trabajo de grado de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.

## 7. Anexo. Corpus y resultado de las traducciones

	Original inglés	Google Translate	Bing Microsoft Translator
Bobba	Flow of freshwater and saltwater intrusion in coastal aquifers has drawn the attention of many investigators.	El flujo de intrusión de agua dulce y salada en los acuíferos costeros ha llamado la atención de muchos investigadores.	El flujo de agua dulce y la intrusión de agua salada en los acuíferos costeros ha llamado la atención de muchos investigadores.
Bobba	Several laboratories, as well as mathematical models have been developed to study the pattern of flow of groundwater in coastal aquifers.	Se han desarrollado varios modelos de laboratorio y matemáticos para estudiar el patrón de flujo de agua subterránea en acuíferos costeros.	Se han desarrollado varios modelos de laboratorio, así como matemáticos para estudiar el patrón de flujo de aguas subterráneas en los acuíferos costeros.
Bobba	Mathematical models have wider range of application and are the concern of this paper.	Los modelos matemáticos tienen un rango de aplicación más amplio y son la preocupación de este artículo.	Los modelos matemáticos tienen una gama más amplia de aplicación y son la preocupación de este documento.
Bobba	Due to the complex nature of the problem, each of these mathematical models are based on certain simplifying assumptions and approximations.	Debido a la naturaleza compleja del problema, cada uno de estos modelos matemáticos se basa en ciertas suposiciones y aproximaciones simplificadoras.	Debido a la naturaleza compleja del problema, cada uno de estos modelos matemáticos se basan en ciertas suposiciones y aproximaciones simplificadores.
Bobba	This paper presents a critical review of various methods of solution which have been proposed.	Este documento presenta una revisión crítica de varios métodos de solución que se han propuesto.	Este documento presenta una revisión crítica de los diversos métodos de solución que se han propuesto.
Bobba	The validity of the results obtained and the limitations of these models are also discussed.	También se discute la validez de los resultados y las limitaciones de estos modelos.	También se discute la validez de los resultados alcanzados y las limitaciones de estos modelos.
Chang et al.	Seawater intrusion and brine water/freshwater interaction have significantly affected agriculture, industry and public water supply at Laizhou Bay, Shandong Province, China.	La intrusión de agua de mar y la interacción de agua salada / agua dulce han afectado significativamente la agricultura, la industria y el suministro público de agua en la bahía de Laizhou, provincia de Shandong, China.	La intrusión de agua de mar y la interacción entre agua de salmuera y agua dulce han afectado significativamente a la agricultura, la industria y el suministro público de agua en la bahía de Laizhou, provincia de Shandong, China.
Chang et al.	In this study, a two-dimensional SEAWAT model is developed to simulate the seawater intrusion to coastal aquifers and brine water/fresh water interaction in the south of Laizhou Bay.	En este estudio, se desarrolla un modelo SEAWAT bidimensional para simular la intrusión de agua de mar en los acuíferos costeros y la interacción de agua salada / agua dulce en el sur de la bahía de Laizhou.	En este estudio, se desarrolla un modelo SEAWAT bidimensional para simular la intrusión de agua de mar en los acuíferos costeros y la interacción entre agua de salmuera y agua dulce en el sur de la bahía de Laizhou.
Chang et al.	This model is applied to predict the seawater intrusion and brine water/freshwater interface development in the coming years.	Este modelo se aplica para predecir la intrusión de agua de mar y el desarrollo de la interfaz de agua salada / agua dulce en los próximos años.	Este modelo se aplica para predecir la intrusión de agua de mar y el desarrollo de la interfaz de agua de salmuera / agua dulce en los próximos años.
Chang et al.	The model profile is perpendicular to the coastal line with two interfaces, freshwater-saline water interface near the shore and inland brine water-saline water-seawater interface.	El perfil del modelo es perpendicular a la línea costera con dos interfaces, interfaz de agua dulce-salina cerca de la costa e interfaz de agua salada interior-agua salina-agua de mar.	El perfil del modelo es perpendicular a la línea costera con dos interfaces, interfaz de agua salada de agua dulce cerca de la orilla y la interfaz de agua-agua salina de salmuera interior.
Chang et al.	The hydrogeological parameters in the SEAWAT-2000 model are calibrated by the head and salinity measurements.	Los parámetros hidrogeológicos en el modelo SEAWAT-2000 están calibrados por las mediciones de la cabeza y la salinidad.	Los parámetros hidrogeológicos del modelo SEAWAT-2000 están calibrados mediante las mediciones de cabeza y salinidad.

Chang et al.	The precipitation infiltration coefficient, boundary conditions and thicknesses of aquifers are studied in a sensitivity analysis.	El coeficiente de infiltración de precipitación, las condiciones de contorno y el grosor de los acuíferos se estudian en un análisis de sensibilidad.	El coeficiente de infiltración de precipitación, las condiciones límite y los espesores de los acuíferos se estudian en un análisis de sensibilidad.
Chang et al.	The predicted results indicate that equivalent freshwater head in shallow freshwater-saline water area will decline 2.0 m by the end of the forecasting period, caused by groundwater over-pumping for farmland irrigation.	Los resultados pronosticados indican que la altura equivalente de agua dulce en el área de agua salada de agua dulce poco profunda disminuirá 2.0 m al final del período de pronóstico, causada por el bombeo excesivo de agua subterránea para el riego de tierras de cultivo.	Los resultados previstos indican que la cabeza de agua dulce equivalente en el área de agua salina poco profunda de agua dulce disminuirá 2,0 m al final del período de previsión, causado por el exceso de bombeo de aguas subterráneas para el riego de tierras de cultivo.
Chang et al.	The groundwater head in the brine-saline water area will also decrease about 1.8 m by the end of forecasting period, caused by excessive brine mining.	La altura del agua subterránea en el área de agua salina también disminuirá aproximadamente 1,8 m al final del período de pronóstico, causada por la extracción excesiva de salmuera.	La cabeza de las aguas subterráneas en el área de agua de salmuera-salina también disminuirá alrededor de 1,8 m al final del período de previsión, causada por la extracción excesiva de salmuera.
Chang et al.	Salinity finally decreases below 105 g/L in the brine area, but increases in other areas and contaminates fresh groundwater resources.	La salinidad finalmente disminuye por debajo de 105 g / L en el área de salmuera, pero aumenta en otras áreas y contamina los recursos de agua subterránea fresca.	La salinidad finalmente disminuye por debajo de 105 g/L en el área de salmuera, pero aumenta en otras áreas y contamina los recursos frescos de agua subterránea.
Matteoda et al.	This paper presents a conceptual model of the phreatic sedimentary aquifer of the Barreal stream basin.	Este artículo presenta un modelo conceptual del acuífero sedimentario freático de la cuenca del arroyo Barreal.	Este documento presenta un modelo conceptual del acuífero sedimentario freático de la cuenca del arroyo Barreal.
Matteoda et al.	Also, the validation with a numerical model is showed, which reproduces with good accuracy the water mass balance, the water table morphology and groundwater flow explained in the conceptual model.	Además, se muestra la validación con un modelo numérico, que reproduce con buena precisión el balance de masa de agua, la morfología de la capa freática y el flujo de agua subterránea explicados en el modelo conceptual.	Además, se muestra la validación con un modelo numérico, que reproduce con buena precisión el balance de masa de agua, la morfología de la tabla de agua y el flujo de aguas subterráneas explicado en el modelo conceptual.
Matteoda et al.	The mass balance shows that the main water input to the aquifer occurs primarily by effective infiltration from precipitations, and, of minor interest, by various entry sections into the aquifer.	El balance de masas muestra que la entrada principal de agua al acuífero ocurre principalmente por infiltración efectiva de precipitaciones y, de menor interés, por varias secciones de entrada al acuífero.	El balance de masa muestra que la entrada principal de agua al acuífero se produce principalmente por infiltración efectiva de precipitaciones, y, de menor interés, por varias secciones de entrada en el acuífero.
Matteoda et al.	Discharge of water occurs mainly in the stream and in the low basin by the aquifer section in the stream.	La descarga de agua ocurre principalmente en la corriente y en la cuenca baja por la sección del acuífero en la corriente.	La descarga de agua se produce principalmente en el arroyo y en la cuenca baja por la sección de acuíferos en el arroyo.
Matteoda et al.	More work and adjustment will improve the calibration and will increase the consistency of the numerical model.	Más trabajo y ajustes mejorarán la calibración y aumentarán la consistencia del modelo numérico.	Más trabajo y ajuste mejorará la calibración y aumentará la consistencia del modelo numérico.

Merrit	<p>The simulation of the transport of injected freshwater in a thin brackish aquifer, overlain and underlain by confining layers containing more saline water, is shown to be influenced by the choice of the finite-difference approximation method, the algorithm for representing vertical advective and dispersive fluxes, and the values assigned to parametric coefficients that specify the degree of vertical dispersion and molecular diffusion that occurs.</p>	<p>La simulación del transporte de agua dulce inyectada en un acuífero salobre delgado, superpuesto y subyacente mediante el confinamiento de capas que contienen más agua salina, se ve influenciada por la elección del método de aproximación por diferencias finitas, el algoritmo para representar flujos de advección y dispersión verticales, y los valores asignados a coeficientes paramétricos que especifican el grado de dispersión vertical y difusión molecular que ocurre.</p>	<p>La simulación del transporte de agua dulce inyectada en un acuífero salobre delgado, overlain y underlain mediante capas de confinamiento que contienen más agua salina, se demuestra que está influenciada por la elección del método de aproximación de la diferencia finita, el algoritmo para representando flujos verticales advectivos y dispersivos, y los valores asignados a los coeficientes paramétricos que especifican el grado de dispersión vertical y difusión molecular que se produce.</p>
Merrit	<p>Computed potable water recovery efficiencies will differ depending upon the choice of algorithm and approximation method, as will dispersion coefficients estimated based on the calibration of simulations to match measured data.</p>	<p>Las eficiencias calculadas de recuperación de agua potable diferirán según la elección del algoritmo y el método de aproximación, al igual que los coeficientes de dispersión estimados en función de la calibración de las simulaciones para que coincidan con los datos medidos.</p>	<p>Las eficiencias de recuperación de agua potable calculada variarán dependiendo de la elección del algoritmo y el método de aproximación, al igual que los coeficientes de dispersión estimados en función de la calibración de simulaciones para que coincidan con los datos medidos.</p>
Merrit	<p>A comparison of centered and backward finite-difference approximation methods shows that substantially different transition zones between injected and native waters are depicted by the different methods, and computed recovery efficiencies vary greatly.</p>	<p>Una comparación de los métodos de aproximación centrada y hacia atrás de diferencias finitas muestra que los diferentes métodos representan zonas de transición sustancialmente diferentes entre las aguas inyectadas y las nativas, y las eficiencias de recuperación calculadas varían enormemente.</p>	<p>Una comparación de los métodos de aproximación de diferencia sita centrada y hacia atrás muestra que las zonas de transición sustancialmente diferentes entre las aguas inyectadas y nativas se representan mediante los diferentes métodos, y las eficiencias de recuperación calculadas varían mucho.</p>
Merrit	<p>Standard and experimental algorithms and a variety of values for molecular diffusivity, transverse dispersivity, and vertical scaling factor were compared in simulations of freshwater storage in a thin brackish aquifer.</p>	<p>Se compararon algoritmos estándar y experimentales y una variedad de valores para la difusividad molecular, la dispersividad transversal y el factor de escala vertical en simulaciones de almacenamiento de agua dulce en un acuífero salobre delgado.</p>	<p>Los algoritmos estándar y experimentales y una variedad de valores para la difusividad molecular, la dispersividad transversal y el factor de escala vertical se compararon en simulaciones de almacenamiento de agua dulce en un acuífero salobre delgado.</p>
Merrit	<p>Computed recovery efficiencies vary considerably, and appreciable differences are observed in the distribution of injected freshwater in the various cases tested.</p>	<p>Las eficiencias de recuperación calculadas varían considerablemente, y se observan diferencias apreciables en la distribución del agua dulce inyectada en los diversos casos probados.</p>	<p>Las eficiencias de recuperación calculadas varían considerablemente, y se observan diferencias apreciables en la distribución de agua dulce inyectada en los diversos casos probados.</p>
Merrit	<p>The results demonstrate both a qualitatively different description of transport using the experimental algorithms and the interrelated influences of molecular diffusion and transverse dispersion on simulated recovery efficiency.</p>	<p>Los resultados demuestran una descripción cualitativamente diferente del transporte utilizando los algoritmos experimentales y las influencias interrelacionadas de la difusión molecular y la dispersión transversal en la eficiencia de recuperación simulada.</p>	<p>Los resultados demuestran tanto una descripción cualitativamente diferente del transporte utilizando los algoritmos experimentales como las influencias interrelacionadas de la difusión molecular y la dispersión transversal en la eficiencia de recuperación simulada.</p>

Merrit	When simulating natural aquifer flow in cross-section, flushing of the aquifer occurred for all tested coefficient choices using both standard and experimental algorithms.	Al simular el flujo natural del acuífero en sección transversal, se produjo un enjuague del acuífero para todas las opciones de coeficientes probadas utilizando algoritmos estándar y experimentales.	Al simular el flujo natural de acuíferos en sección transversal, se produjo el lavado del acuífero para todas las opciones de coeficientes probadas utilizando algoritmos estándar y experimentales.
Qiu et al.	In order to evaluate the groundwater resources and aquifer system of the Jilin urban area (JUA), a groundwater numerical flow model was established by using the groundwater modeling system based on data from 190 boreholes.	Para evaluar los recursos de agua subterránea y el sistema de acuíferos del área urbana de Jilin (JUA), se estableció un modelo numérico de flujo de agua subterránea utilizando el sistema de modelado de agua subterránea basado en datos de 190 pozos.	Con el fin de evaluar los recursos de aguas subterráneas y el sistema de acuíferos de la zona urbana de Jilin (JUA), se estableció un modelo de flujo numérico de aguas subterráneas utilizando el sistema de modelado de aguas subterráneas basado en datos de 190 pozos.
Qiu et al.	River stages were interpolated to control the groundwater flow field.	Las etapas de los ríos se interpolaron para controlar el campo de flujo de agua subterránea.	Las etapas del río se interpolaron para controlar el campo de flujo de aguas subterráneas.
Qiu et al.	The input parameters such as hydraulic conductivity and specific yield were based on data from 260 pumping test data.	Los parámetros de entrada como la conductividad hidráulica y el rendimiento específico se basaron en datos de 260 datos de prueba de bombeo.	Los parámetros de entrada, como la conductividad hidráulica y el rendimiento específico, se basaron en datos de 260 datos de pruebas de bombeo.
Qiu et al.	The model was calibrated by trial and error, simulated results were compared to the observed head and contour maps, which were generally in good agreement, and the root mean squared error was 0.66 m.	El modelo fue calibrado por prueba y error, los resultados simulados se compararon con los mapas de cabeza y contorno observados, que generalmente estaban en buen acuerdo, y el error cuadrático medio fue de 0.66 m.	El modelo fue calibrado por ensayo y error, los resultados simulados se compararon con los mapas de cabeza y contorno observados, que generalmente estaban de acuerdo, y el error cuadrado medio de la raíz fue de 0,66 m.
Qiu et al.	Sensitivity analysis was carried out and recharge proved to be the most sensitive factor in this model.	Se realizó un análisis de sensibilidad y la recarga demostró ser el factor más sensible en este modelo.	Se llevó a cabo un análisis de sensibilidad y la recarga resultó ser el factor más sensible en este modelo.
Qiu et al.	The water budget showed that the input was $2.07 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ , which was smaller than the output of $2.21 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ .	El presupuesto de agua mostró que la entrada fue de $2.07 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ , que fue menor que la salida de $2.21 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ .	El presupuesto del agua mostró que la entrada era de $2,07 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ , que era más pequeña que la salida de $2,21 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ .
Qiu et al.	A groundwater level decline and cone of depression exist in the Songhua and Aolong river valley.	Existe una disminución del nivel del agua subterránea y un cono de depresión en el valle del río Songhua y Aolong.	Un declive a nivel de las aguas subterráneas y un cono de depresión existen en el valle del río Songhua y Aolong.
Qiu et al.	The JUA aquifer systems can be well and efficiently modeled by constructing a numerical model.	Los sistemas de acuíferos JUA pueden modelarse bien y eficientemente mediante la construcción de un modelo numérico.	Los sistemas de acuíferos JUA pueden ser bien modelados y modelados eficientemente mediante la construcción de un modelo numérico.
Qiu et al.	Based on the supply and demand analysis of water resources, the established model would finally provide a scientific basis to use the groundwater resources sustainably in JUA.	Basado en el análisis de la oferta y la demanda de los recursos hídricos, el modelo establecido finalmente proporcionaría una base científica para utilizar los recursos de aguas subterráneas de manera sostenible en JUA.	Sobre la base del análisis de la oferta y la demanda de los recursos hídricos, el modelo establecido finalmente proporcionaría una base científica para utilizar los recursos de aguas subterráneas de manera sostenible en el JUA.
Hunt	A solution is obtained for flow depleted from a stream when water is pumped from an adjacent well in a semiconfined aquifer.	Se obtiene una solución para el flujo agotado de una corriente cuando se bombea agua desde un pozo adyacente en un acuífero semiconfinado.	Se obtiene una solución para el flujo agotado de una corriente cuando el agua se bombea desde un pozo adyacente en un acuífero semiconfinado.

Hunt	The streambed partially penetrates the aquitard, which forms the top boundary of the pumped aquifer, and the distance between the well and stream is assumed large enough to allow the stream to be modeled with a zero width.	El cauce penetra parcialmente en el acuitardo, que forma el límite superior del acuífero bombeado, y se supone que la distancia entre el pozo y la corriente es lo suficientemente grande como para permitir que la corriente se modele con un ancho cero.	El lecho de flujo penetra parcialmente el aquitard, que forma el límite superior del acuífero bombeado, y la distancia entre el pozo y la corriente se asume lo suficientemente grande como para permitir que la corriente se modele con un ancho cero.
	The governing partial differential equations for this problem are shown to be equivalent to the equation postulated and solved by Boulton for flow to a well in a delayed-yield aquifer.	Se muestra que las ecuaciones diferenciales parciales que rigen para este problema son equivalentes a la ecuación postulada y resuelta por Boulton para el flujo a un pozo en un acuífero de rendimiento retardado.	Las ecuaciones diferenciales parciales que rigen para este problema se muestran como equivalentes a la ecuación postulada y resuelta por Boulton para el flujo a un pozo en un acuífero de rendimiento retardado.
	Consequently, drawdown curves and plots of stream depletion versus time are all found to have two inflection points.	En consecuencia, las curvas de reducción y las gráficas de agotamiento de la corriente en función del tiempo tienen dos puntos de inflexión.	Por lo tanto, se encuentra que las curvas de reducción y las gráficas de agotamiento de la secuencia frente al tiempo tienen dos puntos de inflexión.
	However, unlike the solution behavior for Boulton's problem, aquifer recharge furnished by the stream causes all drawdown and stream depletion curves to approach horizontal asymptotes as time becomes infinite.	Sin embargo, a diferencia del comportamiento de solución para el problema de Boulton, la recarga del acuífero proporcionada por la corriente hace que todas las curvas de extracción y agotamiento de la corriente se acerquen a las asíntotas horizontales a medida que el tiempo se vuelve infinito.	Sin embargo, a diferencia del comportamiento de la solución para el problema de Boulton, la recarga de acuíferos proporcionada por la corriente hace que todas las curvas de reducción y agotamiento de la corriente se acerquen a las asíntotas horizontales a medida que el tiempo se vuelve infinito.
	The solution calculated herein is general enough to reduce to a solution calculated earlier by Hunt when the aquitard becomes impermeable.	La solución calculada aquí es lo suficientemente general como para reducirla a una solución calculada anteriormente por Hunt cuando el acuitardo se vuelve impermeable.	La solución calculada en este documento es lo suficientemente general como para reducirla a una solución calculada anteriormente por Hunt cuando el aquitard se vuelve impermeable.
Iglesias et al.	Estuarine and coastal areas have been intensively studied given their complexity, ecological, and societal value and the importance of their ecosystem services.	Las áreas costeras y estuarinas se han estudiado intensamente dada su complejidad, valor ecológico y social y la importancia de sus servicios ecosistémicos.	Las zonas estuarinas y costeras han sido estudiadas intensamente dada su complejidad, valor ecológico y social y la importancia de sus servicios ecosistémicos.
	Estuarine and coastal management must be based on a sound characterization of these areas, which is achievable complementing the comprehensive field measurements with numerical models solutions.	El manejo estuarino y costero debe basarse en una caracterización sólida de estas áreas, lo que se puede lograr complementando las mediciones de campo integrales con soluciones de modelos numéricos.	La gestión estuarina y costera debe basarse en una caracterización sólida de estas zonas, que es posible complementar las mediciones de campo integrales con soluciones de modelos numéricos.
	Based on a detailed comparison between two close-by, but extremely different, Portuguese estuaries (the Douro and Minho estuaries), this chapter intends to discuss how accurately numerical modeling tools can provide relevant information for a variety of coastal zones.	Basado en una comparación detallada entre dos estuarios portugueses cercanos (pero extremadamente diferentes) (los estuarios del Duero y Minho), este capítulo intenta analizar con qué precisión las herramientas de modelado numérico pueden proporcionar información relevante para una variedad de zonas costeras.	Sobre la base de una comparación detallada entre dos estuarios portugueses cercanos, pero extremadamente diferentes (los estuarios del Duero y del Miño), este capítulo tiene la intención de discutir cómo las herramientas de modelado numérico con precisión pueden proporcionar información relevante para una variedad de Zonas.



Iglesias et al.	<p>They can be very useful for various applications in the planning and management fields, such as coastal and infrastructures protection, harbor activities, fisheries, tourism, and coastal population safety, thus supporting an effective and integrated estuarine and coastal management, which must consider both the safety of the populations and the sustainability of the marine ecosystems and services.</p>	<p>Pueden ser muy útiles para diversas aplicaciones en los campos de planificación y gestión, tales como la protección de infraestructuras costeras, actividades portuarias, pesca, turismo y seguridad de la población costera, apoyando así una gestión eficaz e integrada de estuarios y costas, que debe considerar tanto la seguridad de las poblaciones y la sostenibilidad de los ecosistemas y servicios marinos.</p>	<p>Pueden ser muy útiles para diversas aplicaciones en los campos de planificación y gestión, como la protección costera y de infraestructuras, las actividades portuarias, la pesca, el turismo y la seguridad de la población costera, apoyando así una estuaria y la gestión costera, que debe tener en cuenta tanto la seguridad de las poblaciones como la sostenibilidad de los ecosistemas y servicios marinos.</p>
Iglesias et al.	<p>In particular, the capacity of the numerical models to give a detailed characterization of morpho-hydrodynamic processes, as well as assess and predict the effects of anthropogenic interventions, extreme events and climate change effects, are presented.</p>	<p>En particular, se presenta la capacidad de los modelos numéricos para dar una caracterización detallada de los procesos morfohidrodinámicos, así como evaluar y predecir los efectos de las intervenciones antropogénicas, los eventos extremos y los efectos del cambio climático.</p>	<p>En particular, se presenta la capacidad de los modelos numéricos para dar una caracterización detallada de los procesos morfo-hidrodinámicos, así como evaluar y predecir los efectos de las intervenciones antropogénicas, los eventos extremos y los efectos del cambio climático.</p>
Tejeda et al.	<p>This paper presents the results of numerical simulations of groundwater circulation and solute transport at the Salar de Atacama through use of a numerical model to solve the two-dimensional problem of flow in an aquifer when considering the effects of variable density.</p>	<p>Este artículo presenta los resultados de simulaciones numéricas de la circulación de aguas subterráneas y el transporte de solutos en el Salar de Atacama mediante el uso de un modelo numérico para resolver el problema bidimensional del flujo en un acuífero al considerar los efectos de la densidad variable.</p>	<p>Este documento presenta los resultados de simulaciones numéricas de circulación de aguas subterráneas y transporte de solutos en el Salar de Atacama mediante el uso de un modelo numérico para resolver el problema bidimensional del flujo en un acuífero al considerar los efectos de las variables Densidad.</p>
Tejeda et al.	<p>The phenomena associated with solute transport are modeled by means of an advection-dispersion equation, and a linear relationship is assumed between fluid density and concentration of the dissolved solids.</p>	<p>Los fenómenos asociados con el transporte de solutos se modelan mediante una ecuación de advección-dispersión, y se supone una relación lineal entre la densidad del fluido y la concentración de los sólidos disueltos.</p>	<p>Los fenómenos asociados con el transporte soluto se modelan mediante una ecuación de advección-dispersión, y se asume una relación lineal entre la densidad del fluido y la concentración de los sólidos disueltos.</p>
Tejeda et al.	<p>Simulations considered conditions of high groundwater evaporation, which depends on the depth of the phreatic surface.</p>	<p>Las simulaciones consideraron condiciones de alta evaporación del agua subterránea, que depende de la profundidad de la superficie freática.</p>	<p>Las simulaciones consideraron condiciones de alta evaporación de aguas subterráneas, que depende de la profundidad de la superficie freática.</p>
Tejeda et al.	<p>Results indicate that the discharge of groundwater occurs essentially in freshwater-saline water interface zones, where a number of lagunas begin.</p>	<p>Los resultados indican que la descarga de agua subterránea ocurre esencialmente en zonas de interfaz de agua dulce-salina, donde comienzan varias lagunas.</p>	<p>Los resultados indican que la descarga de agua subterránea se produce esencialmente en zonas de interfaz de agua salada de agua dulce, donde comienzan una serie de lagunas.</p>



Tejeda et al.	<p>Different freshwater recharge scenarios were simulated, while it was verified that the effects of evaporation are important and minimize or buffer the variations in the phreatic surface and the discharges of groundwater that are the source of water supply for the lagunas.</p>	<p>Se simularon diferentes escenarios de recarga de agua dulce, mientras se verificó que los efectos de la evaporación son importantes y minimizan o amortiguan las variaciones en la superficie freática y las descargas de agua subterránea que son la fuente de suministro de agua para las lagunas.</p>	<p>Se simularon diferentes escenarios de recarga de agua dulce, mientras que se verificó que los efectos de la evaporación son importantes y minimizar o amortiguar las variaciones en la superficie freática y las descargas de agua subterránea que son la fuente de suministro de agua para el lagunas.</p>
---------------	---	---	--